



HAL
open science

De la condensation des vapeurs sur les surfaces soumises aux projections cathodiques

L. Houllévigüe

► **To cite this version:**

L. Houllévigüe. De la condensation des vapeurs sur les surfaces soumises aux projections cathodiques.
J. Phys. Theor. Appl., 1909, 8 (1), pp.908-913. 10.1051/jphystap:019090080090801 . jpa-00241506

HAL Id: jpa-00241506

<https://hal.science/jpa-00241506>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**DE LA CONDENSATION DES VAPEURS
SUR LES SURFACES SOUMISES AUX PROJECTIONS CATHODIQUES (1) ;**

Par L. HOULLEVIGUE.

Lorsqu'une vapeur se condense sur une paroi froide, le dépôt des gouttelettes ne se fait pas au hasard, mais autour de centres attractifs; le liquide, évaporé, se dépose une seconde fois aux mêmes points; les rayures, où s'accumulent les poussières, déterminent l'alignement des gouttes; un nettoyage imparfait, effectué par friction dans une direction donnée, les aligne encore dans la même direction. Les gouttes déposées sont plus grosses dans les régions où elles sont moins nombreuses, et la compensation se fait de telle sorte que la masse de vapeur déposée par unité de surface reste à peu près constante: en trois régions d'une lame de verre, exposée aux vapeurs de mercure à 450°, on a mesuré le nombre N de gouttelettes par millimètre carré et le diamètre moyen d en millimètres de ces gouttelettes. On constate que Nd^3 est sensiblement constant:

$N =$	3 537	$d =$	0 ^{mm} ,0065	$Nd^3 =$	$9,7 \times 10^{-4}$
	6 565		0 ,0053		$9,8 \times 10^{-4}$
	23 392		0 ,0035		10×10^{-4}

Enfin, lorsqu'on prolonge l'exposition d'une surface aux vapeurs, les gouttes grossissent, mais leur nombre n'augmente pas; il diminue, au contraire, si ces gouttes, trop serrées, arrivent à se toucher et à se fondre les unes dans les autres.

Ces observations permettent de dénombrer les centres attractifs déposés sur une surface d'après le nombre des gouttes formées, et cette méthode paraît applicable à l'étude des projections cathodiques. Lorsqu'une lame de verre, en partie recouverte par un écran, est soumise pendant quelques secondes à ces projections, puis exposée à l'action d'une vapeur, le liquide se dépose sous forme de

(1) Communication faite à la Société française de Physique: Séance du 19 novembre 1909.

gouttelettes très nombreuses et très petites sur les parties frappées par les projections, tandis qu'il ne forme que de rares gouttes sur les parties protégées; la première région devient alors visible, par un phénomène très analogue au développement d'une plaque photographique impressionnée ou d'un daguerréotype; du reste, l'existence de centres attractifs se manifeste aussi bien en plongeant la lame de verre dans un bain d'argenture; le dépôt d'argent est beaucoup plus épais dans les parties exposées à la cathode.

De toutes les vapeurs qu'on peut employer pour étudier le phénomène, la vapeur du mercure chauffé à 150° est celle qui se prête le mieux aux observations microscopiques ou à la photographie; la lame de verre *impressionnée* par exposition à une cathode sera donc exposée à 1 centimètre environ d'un bain de mercure bien propre et chauffé, jusqu'à *révélation* de l'image.

Avant d'aller plus loin, il importe de résoudre une question préliminaire : une cathode placée dans le vide projette, outre sa propre substance, des corpuscules qui forment le rayonnement cathodique. A laquelle de ces deux projections doit-on attribuer la formation des centres de condensation ? L'expérience suivante prouve que c'est à la première :

Dans une ampoule reliée à la pompe à vide se trouve, en face et à 20 millimètres d'une cathode plane d'argent, une lame de verre; entre le verre et la cathode sont interposés deux écrans parallèles en mica, percés de trous en regard, de façon à isoler un pinceau de projections; un aimant permet de rejeter les rayons cathodiques sur le bord de la lame de verre, tandis que les projections matérielles, non déviées, aboutissent dans la région centrale. L'appareil étant ainsi disposé et le vide fait à $\frac{1}{1000}$ de millimètre, on fait passer dans l'ampoule la décharge d'une bobine pendant cinq minutes. La lame de verre, enlevée de l'ampoule et soumise aux vapeurs de mercure, est étudiée au microscope; on constate que la partie centrale, frappée par les projections matérielles, s'est recouverte de 23.392 gouttelettes par millimètre carré (*fig. 1*), tandis que la région moyenne n'en contient que 6.565; on n'en trouve même que 3.537 par millimètre carré (*fig. 2*), dans la partie de la lame qui a reçu les rayons cathodiques déviés.

Dans ces conditions, il sera possible de déterminer les dimensions des éléments matériels projetés par les cathodes, à condition d'ad-

mettre (ce sera notre seule hypothèse) que chacun de ces éléments constitue un centre attractif et donne naissance à une gouttelette liquide. Supposons, en effet, que dans une même expérience et dans des conditions de fonctionnement régulier de la cathode, on expose aux projections deux régions d'une même lame de verre,

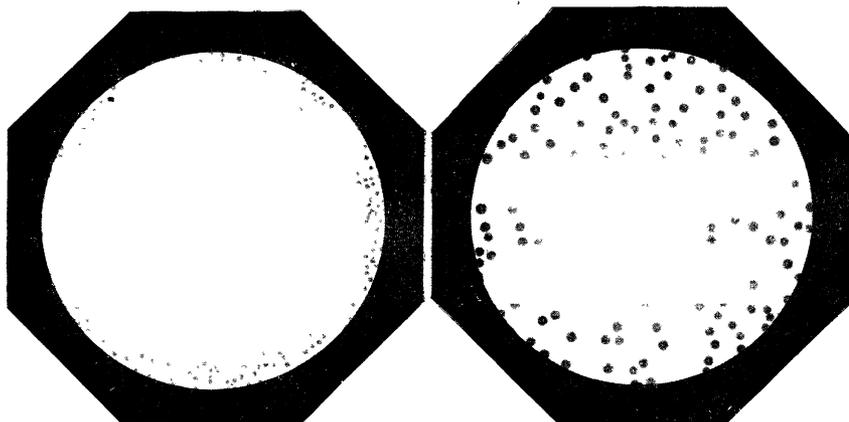


FIG. 1. — Gross. = 190 de diamètre.

FIG. 2. — Gross. = 190 de diamètre.

l'une pendant un temps t assez court pour qu'on puisse déterminer le nombre N de gouttelettes formées par millimètre carré, l'autre pendant un temps T assez long pour qu'il se forme un dépôt métallique d'épaisseur mesurable e millimètres ; si v est, en millimètres cubes, le volume des particules projetées, on aura :

$$\frac{NtT}{t} = e,$$

relation d'où on pourra tirer v .

Passons maintenant au dispositif expérimental employé (fig. 3) : dans une cloche reliée à la pompe pneumatique de Gaede, pénètrent une cathode plane en laiton argenté par galvanoplastie et une anode A en laiton ; c'est en somme l'appareil ionoplastique antérieurement décrit⁽¹⁾. L'anode A porte une pointe d'acier O autour de laquelle peut tourner un disque d'aluminium percé d'une fenêtre F et munie d'une lame de fer B qui permet de le faire pivoter de l'extérieur à l'aide d'un aimant. Entre A et le disque tournant, on place une

(1) *J. de Phys.*, 4^e série, t. II, p. 36: 1903.

lame de verre MNPQ, soigneusement nettoyée. L'anode est reliée au sol, de telle sorte que cette lame est enfermée dans une cage métallique au potentiel zéro qui la protège, sauf la région située en face de F, contre toute action de la cathode.

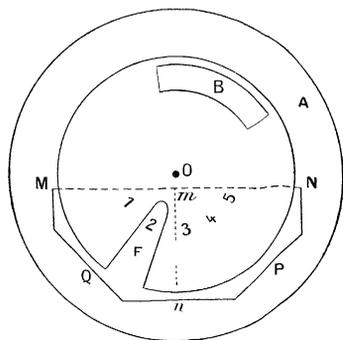


FIG. 3.

Le vide fait, et la bobine d'induction réglée pour une marche régulière, on fait une première pose de quelques minutes, la fenêtre occupant la position 1, jusqu'à ce qu'on obtienne l'état de régime caractérisé par la constance de la pression gazeuse à l'intérieur de la cloche; en effet, la marche du dépôt cathodique varie grandement avec cette pression, qu'il importe de laisser constante pendant toute l'expérience. On maintient ensuite F, en face de la position 2, pendant T secondes, jusqu'à formation d'une pellicule d'épaisseur mesurable, puis on lui fait occuper successivement les positions 3, 4, 5, où on la maintient pendant des durées voisines de 5, 10 et 15 secondes; ces temps sont mesurés au métronome et sans interrompre la marche du courant.

Cette première partie de l'expérience étant achevée, on démonte l'appareil, on retire la lame de verre, qu'on coupe en deux suivant *mn* (un trait au diamant y a été fait par avance). La partie de gauche est alors soumise aux vapeurs d'iode de façon à observer, sur la région 2, la formation d'anneaux colorés d'où on pourra déduire l'épaisseur par la méthode classique de Fizeau; la partie de droite, de son côté, est développée par les vapeurs de mercure, comme il a été exposé plus haut.

Pour compter les gouttelettes formées sur les pages 3, 4, 6, on a

d'abord eu recours à la microphotographie, faite avec un grossissement linéaire 190; on peut, sur les clichés obtenus, procéder à loisir à cette énumération; mais il y avait lieu de craindre que, par suite du médiocre grossissement employé, des gouttelettes exceptionnellement petites n'échappassent à l'observation. C'est pourquoi on a utilisé, en second lieu, l'étude directe de la lame avec l'immersion homogène à l'huile de cèdre et un grossissement linéaire 1250; l'oculaire du microscope portait un micromètre recouvert d'un quadrillage dont chaque carré couvrait exactement un dix-millième de millimètre carré de l'objet; on dénombrait les gouttelettes contenues dans un certain nombre de ces carrés, pris au hasard; ces nombres s'écartaient peu les uns des autres; par exemple, dix carrés au hasard ont donné 21, 19, 20, 20, 18, 27, 22, 24, 23, 24 gouttelettes. On peut donc prendre leur moyenne qui, multipliée par 10.000, représente N ; il en faut, d'ailleurs, retrancher le nombre très petit N_0 des gouttes déposées dans les régions protégées de la lame de verre.

Nous avons vu que, dans une même opération, on avait pris, en général, trois poses de courte durée; cette précaution permet de constater qu'il y a proportionnalité entre le temps d'exposition aux projections cathodiques et le nombre des gouttelettes formé. Exemple :

$t = 0$	$N_0 = 5\ 200$	
6 sec.	$N = 146\ 800$	$\frac{N - N_0}{t} = 23\ 600$
9 sec.	172 000	18 500
15 sec.	382 000	25 100

Voici maintenant le résultat des expériences définitives :

1° *Lame* n° 104. — Étude microphotographique, grossissement 190.

$$t = 6 \text{ sec.} \quad T = 15 \text{ min.} \quad N - N_0 = 141\ 600 \quad e = 15 \mu\mu$$

d'où :

$$v = 7 \times 10^{-13} \text{ mm}^3.$$

2° *Lame* n° 107. — Étude directe au microscope, grossissement 1250.

$$t = 5 \text{ sec.} \quad T = 30 \text{ min.} \quad N - N_0 = 304\ 000 \quad e = 47 \mu\mu$$

d'où :

$$v = 4,3 \times 10^{-13} \text{ mm}^3.$$

3° *Lame* n° 108. — Étude directe au microscope, grossissement 1250.

$$t = 5 \text{ sec.} \quad T = 30 \text{ min.} \quad N - N_0 = 218\,000 \quad e = 62 \mu\mu$$

d'où :

$$v = 7,9 \times 10^{-13} \text{ mm}^3.$$

On remarquera que les deux méthodes employées pour l'énumération des gouttelettes ont donné des résultats du même ordre de grandeur. Adoptons pour v la moyenne des trois résultats ci-dessus ; la masse de chaque élément matériel projeté est donc voisine de 6×10^{-12} milligrammes. Or, la masse de la molécule d'hydrogène est, d'après les documents les plus certains ⁽¹⁾, $2,8 \times 10^{-21}$ milligrammes ; celle de la molécule d'argent est donc 3×10^{-19} et, par conséquent, chaque particule d'argent projetée par la cathode contient vingt millions de molécules.

En supposant ces particules cubiques, leur côté serait voisin de 80 $\mu\mu$. Or on connaît des pellicules dont l'épaisseur n'est que d'un très petit nombre de $\mu\mu$. Il semble donc impossible de se représenter les projections cathodiques comme formées de morceaux arrachés à la cathode et projetés tels quels dans l'espace environnant ; mais on pourrait se figurer le phénomène comme une sorte de vaporisation de la cathode, suivie, dans la région de l'auréole négative, d'une condensation qui déposerait le métal à la surface du verre sous forme de taches capables de se recouvrir partiellement en formant un voile continu, mais non uniforme.

Cette façon d'envisager les projections cathodiques m'a conduit à étudier au microscope, dans les conditions de grossissement et d'éclaircissement les plus favorables, des pellicules d'argent ionoplastique aussi minces que possible. Les observations sont difficiles ; un des dépôts, dont l'épaisseur doit être voisine de 3 $\mu\mu$, a donné les résultats suivants : la pellicule d'argent, malgré sa minceur extrême, est continue, car elle peut se détacher du verre et flotter dans l'huile de cèdre, mais elle n'est pas uniforme ; au grossissement linéaire 1250, on y distingue, avec une entière certitude, des grains sombres très serrés dont le diamètre est de l'ordre de 100 $\mu\mu$; cette observation paraît favorable à l'hypothèse suggérée ci-dessus.

(1) PERRIN, *Revue du mois*, n° 35, novembre 1908.